

HRASKI ŽELJKOZavod za kineziologiju sporta
Fakultet za fizičku kulturu
Sveučilišta u ZagrebuIzvorni znanstveni članak
UDC 796.414.2.091.4:577.3
Primljeno 05.09.1990.**ANALIZA KRETANJA MASIŠTA TIJELA I MOMENTA INERCIJE KOD RAZLIČITIH
OBLIKA NATHVATNOG VELEKOVRTLJAJA**

velekovrtljaj nathvatom / masište tijela / moment inercije

Analizom tri vrste nathvatnog velekovrtljaja utvrđene su njihove međusobne razlike sa stanovišta trajektorija, kutnih brzina i momenata inercije masišta.

Analizirani kvantitativni indikatori tehnike mogu se relativno jednostavno ekstrahirati sa filmske ili video trake, te kao takvi poslužiti trenerima u objektivnijoj deskripciji tehnike izvedbe varijanti nathvatnog velekovrtljaja, u smislu uočavanja eventualnih nedostataka u tehnici izvedbe, kao i njene korekcije.

UVOD

Nathvatni velekovrtljaj nazad na preči je element vrlo jednostavne strukture (slika 1). Jedna os rotacije, pokreti u samo dva glavna zglobna sistema, te stabilnost uvjeta izvedbe, karakteristike su koje su privukle velik broj istraživača da pristupe analizi ovog elementa (Borms 1975, Dainis 1975, Boone 1977, Bauer 1983, Hochmuth 1984, Liang 1985).

Uz vrlo pogodne uvjete za izvedbu biomehaničke analize, ovakvoj "istraživačkoj popularnosti" velekovrtljaja pogodovale su još najmanje dva činioca.

Prvi se zasniva na tome da je velekovrtljaj nazad element koji se najčešće pojavljuje u natjecateljskim vježbama gimnastičara na preči. Većina elemenata započinje, završava ili u nekom dijelu svoje strukture sadržava osnove nathvatnog velekovrtljaja. To su prije svega svi saskoci koji se baziraju na rotacijama nazad, kao što su na primjer dvostruka ili trostruka salta nazad, u velikom broju kombinacija vezanih uz dodatne rotacije oko longitudinalne osi tijela. Zatim, to je čitav niz letećih elemenata¹ od kojih su najpoznatiji Gunger, Tkachev i Kovach². Ovi se elementi, zajedno sa već spomenutim saskocima, ubrajaju u najatraktivnije elemente u sportskoj gimnastici uopće. U Pravilniku za ocjenjivanje gotovo su svi svrstani u skupinu elemenata najveće težinske kategorije. Nadalje, to je veliki broj elemenata koji započinju i/ili završavaju velekovrtljajem, kao što su, na primjer, "A" i "B" okret, Stalder², križni okret, itd. Na kraju, velekovrtljaj nazad pojavljuje se i kao samostalan element, najčešće u seriji, u funkciji pripreme za saskok.

1 Ova vrsta elemenata nema naziva u službenoj terminologiji na hrvatskom jeziku; u stranoj literaturi često se mogu susresti pod imenom "Fying stunts".

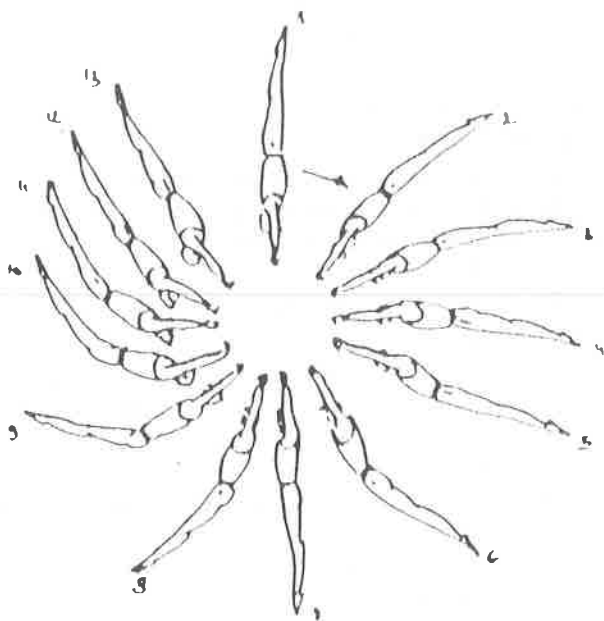
2 Uobičajeno je da novi element dobije ime po gimnastičaru koji ga je prvi izveo.

Drugi činilac koji je u posljednje vrijeme povećao zanimljivost stručnjaka i znanstvenika za ovaj element, vezan je uz novu programsku orijentaciju u radu s mlađim uzrastima. Kako vrijeme što ga je moguće provesti na treningu postaje sve značajniji limit napretka, novi programi rada za mlađe kategorije napustili su spori, progresivni razvojni put obuke elemenata od jednostavnijih ka težima i orijentali se isključivo na sadržaje koji imaju najveći stupanj utilitarnosti na elemente koji se javljaju u vrhunskoj sportskoj gimnastici. Ovakav tip programske orijentacije na preči se manifestirao tako da se u svim programima velekovrtljaj nazad nalazi već na prvom razvojnom stupnju (uzrast 6-8 godina) i to odmah iza njega u visu prednjem. To ujedno znači da sav dalji napredak na ovoj disciplini gimnastičkog višeboja direktno zavisi od preciznosti izvedbe velekovrtljaja nazad.

Očigledno je da u suvremenoj sportskoj gimnastici, u vježbanju na preči, nathvatni velekovrtljaj zauzima vrlo značajnu poziciju. Također je evidentno da zbog njegove mnogostrukih uloga nije jednostavno definirati njegovu strukturu. Otuda je cilj ovog rada da se komparacijom trajektorija, kutnih brzina masišta tijela i momenata inercije kod tri varijante nathvatnog velekovrtljaja, identificiraju neki jednostavni kvantitativni indikatori koji će doprinijeti boljem poznavanju tehnike izvedbe ovog elementa.

2.0. METODE RADA**2.1. Uzorak ispitnika**

Za potrebe ovog istraživanja snimljeni su nathvatni velekovrtljaji jednog natjecatelja saveznog ranga, starog 24 godine. Ispitanik je reprezentativac SR Hrvatske, a na Prvenstvu Jugoslavije za 1989. godinu osvojio je 7. mjesto u višeboju i 6. mjesto na preči.



Slika 1: Nathvatni velekovrtljaj

2. 2. Uzorak varijabli

Istraživanjem su obuhvaćene tri varijante nathvatnog velekovrtljaja:

1. Velekovrtljaj nazad u osnovnom obliku - velekovrtljaj koji se često može susresti unutar neke natjecateljske vježbe na preči; osnovna mu je svrha povezivanje drugih elemenata tehnike;
2. Ubrzani velekovrtljaj nazad - velekovrtljaj koji prethodi letećim elementima ili, češće, velekovrtljajima za saskok; osnovna mu je svrha ubrzanje gimnastičara;
3. Velekovrtljaj za saskok - velekovrtljaj koji završava otpuštanjem sprave koje prethodi saskoku; kako tijelo gimnastičara kod ovog tipa velekovrtljaja ne završava puni krug oko preče, radi se samo o djelomičnom velekovrtljaju;

Za potrebe ovog istraživanja snimljena je serija od 4 velekovrtljaja, koja se sastojala od velekovrtljaja u osnovnom obliku, dva ubrzana velekovrtljaja i velekovrtljaja za saskok.

2. 3. Metode obrade rezultata

Snimanje je izvršeno u dvorani Gimnastičkog društva Zagreb, video kamerom JVC, brzinom od 50 slika u sekundi. Kamera je bila pozicionirana na udaljenosti od 13,5 m, u produžetku osi rotacije. Uz radno dvoransko svjetlo korišteno je i dodatno reflektorsko osvjetljenje. Radi lakšeg raspoznavanja, referentne točke tijela označene su bijelim markerima. Za obradu podataka sa video trake korišten je megnetoskop NV - G33 VHS-HQ National, digitalizator Diamond i osobno računalo Amiga 500.

Kako se analizirana motorička struktura izvodi u sagitalnoj ravni, te parne točke tijela vrše istovjetne pomake u vremenu, izvršena je registracija samo onih referentnih točaka koje se nalaze na lijevoj strani tijela.

Kao antropomorfni model za proučavanje masišta pojedinih dijelova i kompletnog tijela poslužio je model Donskoga i Zaciorskog (1979.).

Obrada signala izvršena je programskim paketima "Diamond" - konverzija video-signala u digitalni zapis i učitavanje referentnih točaka, "The Director", program KOORDINATE (Bjelovučić, S. 1990.) - očitavanje koordinata referentnih točaka i "AMIGA BASIC", programi KONTURE, TEŽIŠTA, BRZINE I MOMENTI (Bjelovučić, S. 1990.) - crtanje kontura, izračunavanje kutnih brzina i dinamičkih momenata inercije.

Za potrebe ovog rada obrađena je svaka peta slika snimljenog materijala pa se dobiveni podaci baziraju na frekvenciji od 10 slika u sekundi.

3. 0. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3. 1. Trajektorija masišta

Trajektorija osnovnog velekovrtljaja u prva dva kvadranta prati gotovo kružnu putanju (slika 2). Pri izvedbi ove vrste velekovrtljaja, gimnastičar iz pozicije stoja dostiže donju vertikalu sa minimalnim promjenama u glavnim zglobnim sistemima (ramena i kukovi). U uzlaznoj fazi masište djelimično napušta kružnu putanju i približava se preči, što je posljedica fleksije trupa u III kvadrantu velekovrtljaja. Ova akcija omogućava kompenzaciju energije izgubljene trenjem i otporom zraka. Pri kraju ove faze, masište se ponovo udaljava od preče i gimnastičar završava okret u pruženom položaju.

Osnovna svrha ubrzanih velekovrtljaja i velekovrtljaja za saskok je ubrzanje gimnastičara u funkciji stvaranja boljih uvjeta za efikasno izvođenje saskoka. To se postiže izraženijim približavanjem masišta u III kvadrantu velekovrtljaja, odnosno većom fleksijom trupa (koju po- spješava prethodno uvinuće), pa trajektorije velekovrtljaja imaju elipsoidni oblik, nagnut smjer rotacije (slike 3, 4 i 5)¹.

3. 2. Kutne brzine masišta

U slučaju kad bi gimnastičar bio kruto tijelo koje rotira oko statične osi, njegova kutna brzina bi rasla kako tijelo pada na dolje, dostižući maksimum u donjoj vertikali i zatim bi opadala približavajući se gornjoj vertikali. Krivulja distribucije brzine takvog tijela imali bi stoga samo jedan vrh.

Naravno, gimnastičar nije kruto tijelo, u mogućnosti je mijenjati odnose njegovih pojedinih dijelova, pa korištenjem

zamaha, tj. ranije opisanom akcijom uvinuće-fleksije trupa, uspijeva savladati trenje i otpor zraka. Ova akcija je razlog što krivulje kutne brzine masišta gimnastičara imaju po dva vrha.

Slika 6 pokazuje nefiltrirane podatke promjene kutne brzine masišta gimnastičara (u $^{\circ}/\text{sec}$) kod svakog pojedinog od četiri analizirana velekovrtljaja.

Točka 1 na slici 6 reprezentira početak velekovrtljaja. Kutna brzina raste kako se gimnastičar kreće na dolje. Maksimalnu brzinu spada dostiže u točki 2, gdje tijelo gimnastičara ima blago uvinuti oblik. Slijedi ponovna ekstenzija cijelog tijela maksimalno udaljavanje masišta od osi rotacije (točka 3), što uzrokuje pad kutne brzine. Fleksijom trupa, odnosno ponovnim približavanjem masišta rotacije, kutna brzina raste i dostiže drugi maksimum u točki 4. Približavanjem gornje vertikale tijelo se ponovo opruža i kutna brzina nanovo opada (točka 5), ovaj puta kao posljedica zajedničkog djelovanja gravitacije, trenja i produženog radijusa rotacije.

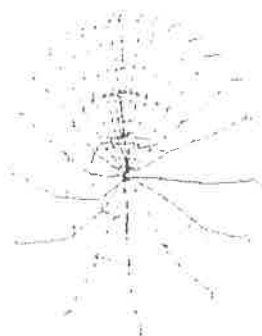
Pozicije ovih karakterističnih točaka determinira prostorno vremenska usklađenost pojedinih akcija kao i amplitude pokreta u glavnim zglobnim sistemima. To ujedno znači da gimnastičar ima djelimičan utjecaj na oblik krivulja

kutne brzine velekovrtljaja. No osnovu ovoga mogu se pretpostaviti specifičnosti ove krivulje koje se javljaju kao posljedica različitih namjena analiziranih varijanti nathvatnog velekovrtljaja.

Iako je bipolarnost krivulje kutne brzine tipična za sve analizirane varijante velekovrtljaja, neke se razlike ipak mogu uočiti. Kao što je već spomenuto, ovakav oblik krivulje posljedica je akcije "biča"³ koja ima za cilj nadoknadu gubitka kinetičke energije nastalog zbog trenja u hvatištu i otpora zraka.

Kod osnovne varijante velekovrtljaja, koja ima za jedini cilj prelazak preko gornje vertikale, drugi vrh krivulje kutne brzine nalazi se na neznatno višoj vrijednosti ordinate u odnosu na prvi. Ubrzani velekovrtljaji i velekovrtljaj za saskok osim nadoknade gubitka kinetičke energije imaju za svrhu ubrzanje gimnastičara, pa krivulje kutnih brzina ovih velekovrtljaja karakterizira znatno viša vrijednost druge vršne brzine.

Analizirajući kompletnu seriju velekovrtljaja, evidentno je da se druga vršna kutna brzina povećava od osnovnog do prvog ubrzanog velekovrtljaja. Drugim ubrzanim velekovrtljajem kao i velekovrtljajem za saskok nije se djelovalo na povećanje kutne brzine.



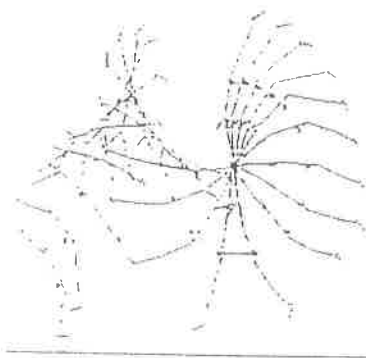
Slika 2: Osnovni velekovrtljaj



Slika 4: Ubrzani velekovrtljaj (b)



Slika 3: Ubrzani velekovrtljaj (a)



Slika 5: Velekovrtljaj za saskok

³ "Bič" je sinonim za akciju uvinuće-fleksija trupa; osim ovog izraza (whip, whipping) u literaturi se ponekad može naći i na izraz "beat action".

Očigledno, gledajući na analiziranu seriju velekovrtljaja sa stanovišta kutne brzine, saskok je trebalo izvesti iz trećeg velekovrtljaja.

3.3. Momenti inercije

Moment inercije, kao suma umnožaka pojedinih djelića mase i kvadrata njihove udaljenosti od osi rotacije, vrlo je pogodna veličina za kvantitativnu deskripciju sportskih tehnika.

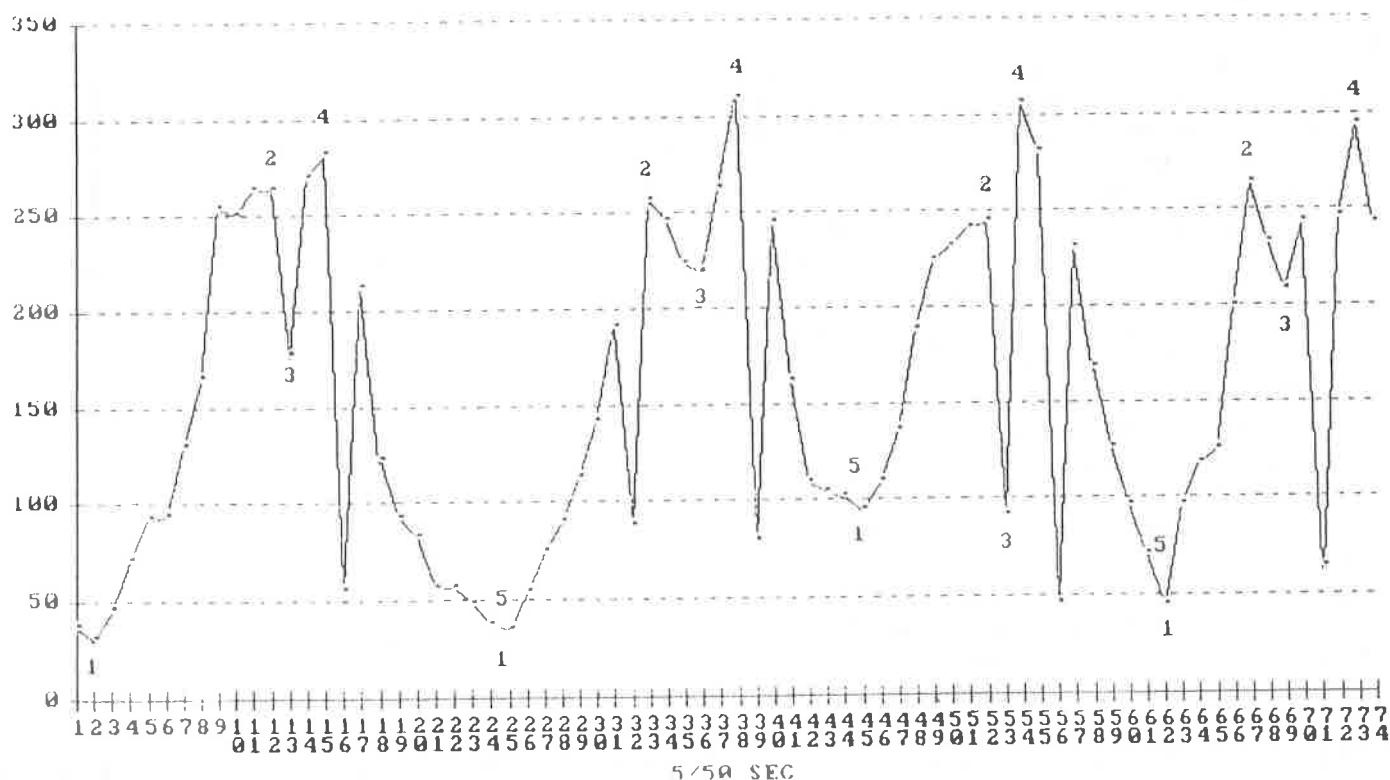
Na slici 7 prikazana je krivulja momenata inercije kroz analiziranu seriju od četiri nathvatna velekovrtljaja. Točke 1, 3, 5 i 7 odnose se na pozicije maksimalne ekstenzije tijela nakon spada u prvom dijelu velekovrtljaja, a točke 2, 4, 6 i 8 na pozicije maksimalnog približavanja osi rotacije, odnosno maksimalne fleksije pri realizaciji zamaha. Veze 1-2, 3-4, 5-6 i 7-8 odnose se na realizaciju akcija "biča".

Prostorne pozicije ovih akcija prikazane su na slici 8. U osnovnom velekovrtljaju ta akcija zauzima relativno malo prostora. Započinje pred sam kraj drugog kvadranta i završava prije no što tijelo gimnastičara napusti treći kvadrant, što znači da je gimnastičar započeo sa ekstenzijom tijela prije prednje horizontale (slika 8a). Kod ubrzanih velekovrtljaja tipično je da realizacija "biča" zauzima znatno više prostora, odnosno da se ekstenzijom tijela započinje tek u sredini četvrtog kvadranta velekovrtljaja (slike 8b i 8c).

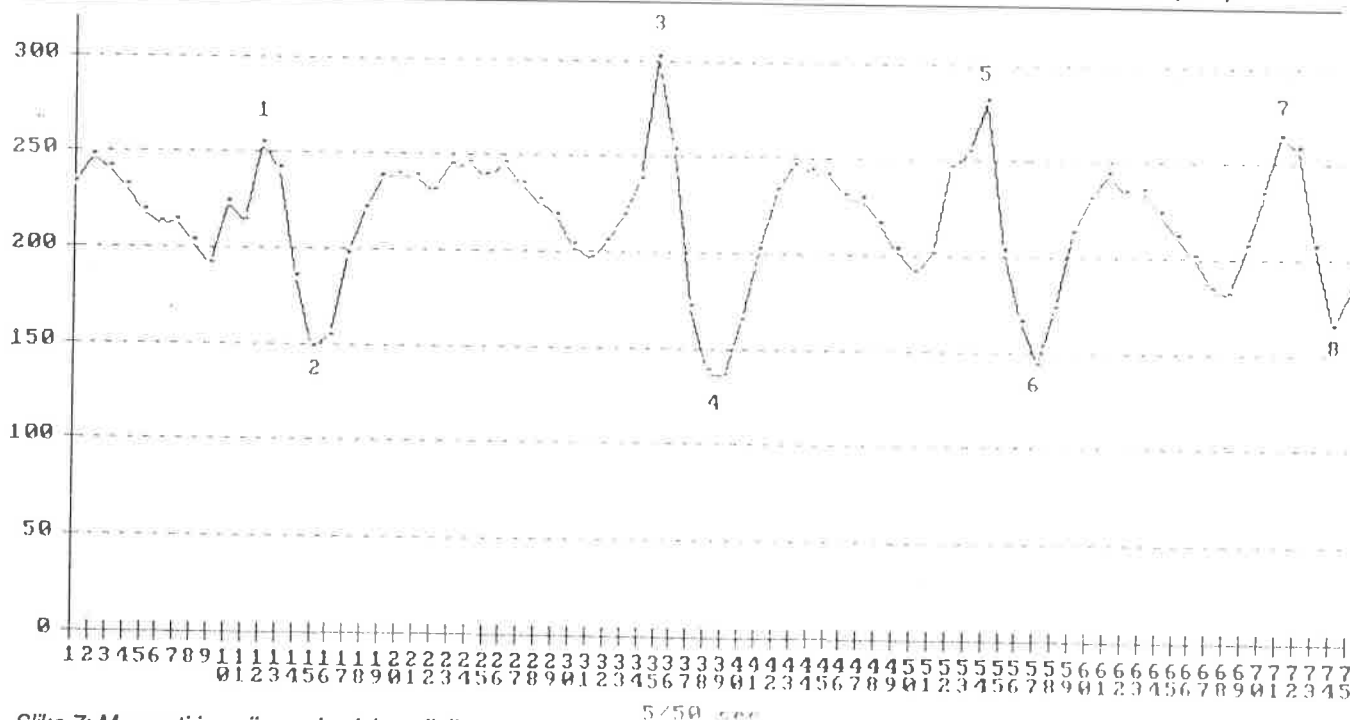
Velekovrtljaj za saskok također karakterizira "bič" koji zauzima dosta prostora kompletne revolucije velekovrtljaja, ali za koji je tipično da započinje ranije, znatno ispred donje vertikale, te također da i završava ranije, na samom prelazu iz trećeg u četvrti kvadrant (slika 8d).

Ovakve karakteristike "biča" kod različitih analiziranih varijanti nathvatnog velekovrtljaja sasvim su logične. Kod osnovnog velekovrtljaja, s obzirom da mu je jedina svrha ponovni prelazak preko gornje vertikale bez dodatnog povećanja kutne brzine, gimnastičar relativno rano započinje sa ekstenzijom tijela, čime se povećanje radijusa rotacije djeluje na smanjenje kutne brzine, koja je ipak još uvijek dovoljna da bi tijelo ponovno prešlo preko gornje vertikale preče. Kod ubrzanih velekovrtljaja, opružanje tijela nakon realizacije "biča" započinje znatno kasnije i završava tek nakon gornje vertikale pa se tijelo gimnastičara kroz drugi i treći kvadrant ovih velekovrtljaja kreće sa znatno skraćenim radijusom rotacije, čime se naravno dobiva na povećanje kutne brzine gimnastičara na završetku tekućeg, odnosno na početku slijedećeg velekovrtljaja. Kod velekovrtljaja za saskok "bič" započinje i završava ranije, da bi gimnastičar, uz optimalnu vrijednost kutne brzine na vrijeme mogao otpustiti preču.

Međusobna povezanost momenata inercije i kutne brzine može se uočiti na slici 9. Povećanje vrijednosti momenata inercije prati istovremeni pad vrijednosti kutnih brzina i obrnuto. Na ovoj slici također se može uočiti koji



Slika 6: Kutne brzine - svi velekovrtljaji



Slika 7: Momenti inercije - svi velekovrtljaji

dijelovi krivulje kutne brzine, zbog toga što podaci nisu filtrirani, odstupaju od kontinuiteta krivulje, pa se prema tome mogu shvatiti kao greške mjerenja (točke #).

ZAKLJUČAK

Snimljena je serija od četiri nathvatna velekovrtljaja: Osnovni velekovrtljaj, dva ubrzana velekovrtljaja i velekovrtljaj za saskok. Izvođač je bio natjecatelj saveznog ranga, star 24 godine, osvajač 4. mjesta u finalu na preči. Snimanje je izvršeno video kamerom JVC, brzinom od 50 slika u sekundi, pozicioniranom na udaljenosti od 13,5 m, u produžetak osi rotacije. Za obradu podataka sa video trake korišten je megnetoskop NV - G33 VHS-HQ National, digitalizator Diamond i osobno računalo Amiga 500.

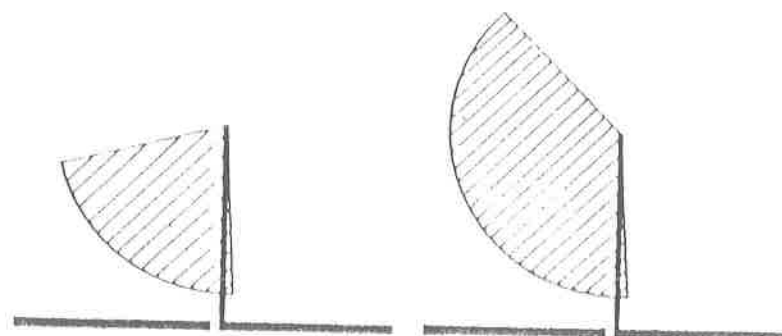
Analiza ekstrahiranih kvantitativnih indikatora tehnike pokazala je postojanje međusobnih razlika analiziranih varijanti velekovrtljaja, sa stanovišta trajektorije, kutnih brzina i momenata inercije.

Trajektorija masišta kod osnovnog oblika nathvatnog velekovrtljaja ima gotovo kružni oblik, napose tokom prva dva kvadranta revolucije, dok trajektorije ubrzanih velekovrtljaja kao i velekovrtljaja za saskok karakterizira elipsoidni oblik koji je blago nagnut u smjer rotacije, prouzrokovao naglašenijim približavanjem masišta osi rotacije kroz posljednja dva kvadranta velekovrtljaja.

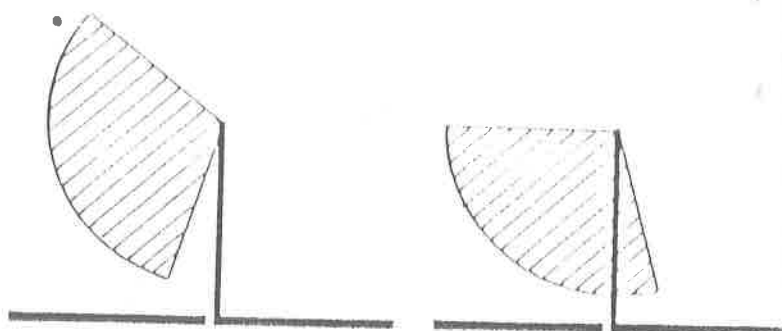
Krivulje kutnih brzina analiziranih velekovrtljaja imaju po dvije vršne vrijednosti, od kojih je prva posljedica djelovanja gravitacije na tijelo gimnastičara kroz prva dva kvadranta velekovrtljaja, a druga posljedica realizacije akcije

8a - osnovni velekovrtljaj

8b - ubrzani velekovrtljaj



8c - ubrzani velekovrtljaj (b) 8d - velekovrtljaj za saskok



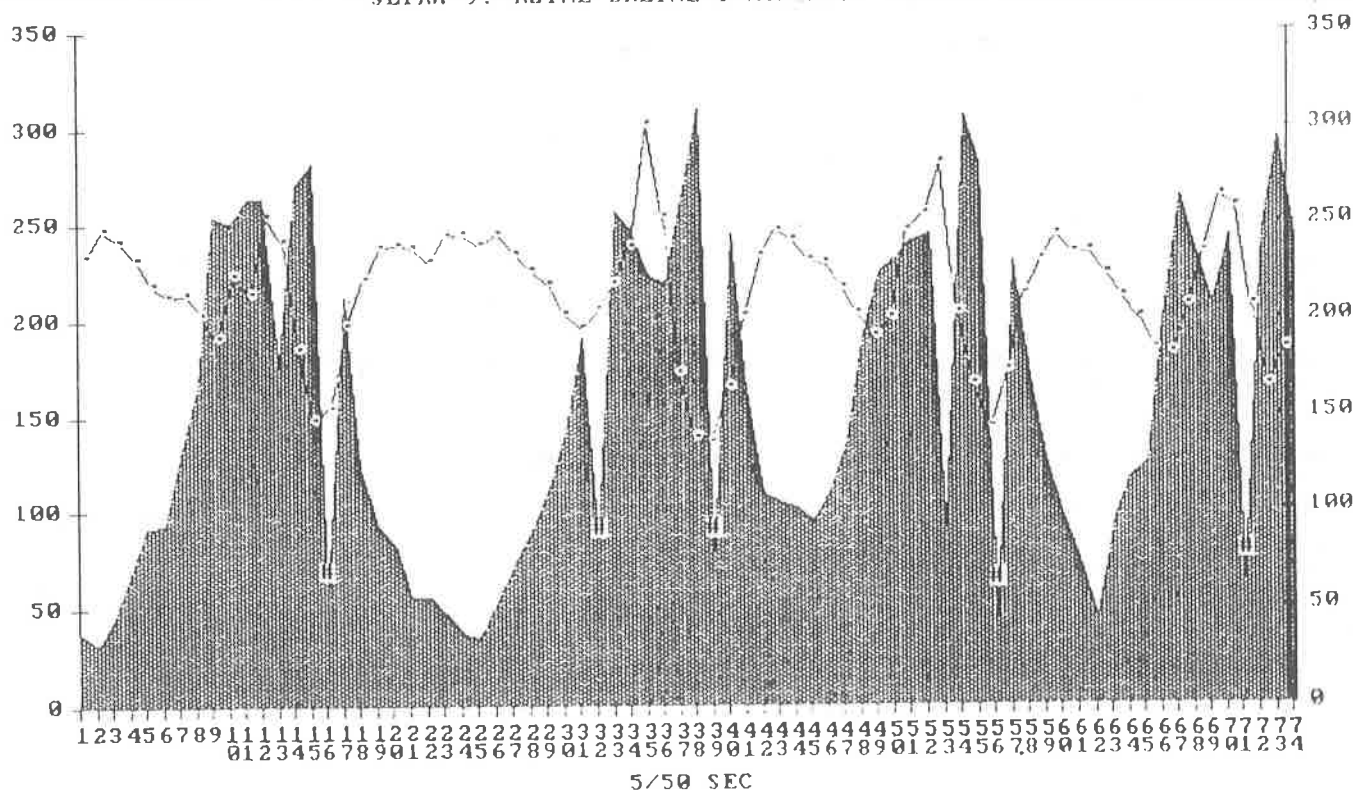
Slika 8: Pozicije realizacije akcije uvinuće - fleksija

uvinuće-fleksija, kojom se masište tijela približava osi rotacije. Za osnovni oblik nathvatnog velekovrtljaja tipično je da drugi vrh krivulje ima neznatno višu vrijednost od prvog, dok je kod ubrzanih velekovrtljaja ta razlika znatno veća.

Vrijednosti momenata inercije ukazale su na prostornu distribuciju realizacije akcije uvinuće-fleksija. Kod osnov-

nog velekovrtljaja ova akcija zauzima relativno malo prostora i započinje neznatno ispred donje vertikale. Ubrzane velekovrtljaje i velekovrtljaj za saskok karakterizira akcija biča koja zauzima znatno više prostora, s time da ova akcija kod velekovrtljaja za saskok započinje ranije no kod ostalih varijanti nathvatnog velekovrtljaja.

SLIKA 9: KUTNE BRZINE I MOMENTI INERCIJE



Slika 9: Kutne brzine i momenti inercije

LITERATURA:

1. Bjelovučić, S.: Modeliranje gibanja čovjeka kao podloga za biomehaničku analizu regulacije pokreta, magistarski rad, Fakultet za strojarstvo, Zagreb, 1990;
2. Bauer, W. L. : Swinging as a way of increasing the mechanical energy in gymnastic maneuvers, Biomechanics VIII-B, 1983;
3. Boone, T.: Understanding the biomechanics of the over and reverse grip giant swing, International Gymnasts, February 1977.;
4. Borms, J.: Biomechanical study of foreward and backward swings, Biomechanics V-B, 1975.;
5. Dainis, A.: Dynamical analysis of ordinary grip giant swings, Gymnasts, February, 1975.;
6. Donskoi, D. D. i V. M. Zatsiorski: Biomehanika, Izdatelstvo "Fizkultura i sport", Moskva, 1979.;
7. Hochmuth, G.: Biomechanics of athletic movement, sportverlag, Berlin, 1984.;
8. Liang, Y. G.: Tan Kan; Shanghai Tu Yu Shue Yuen, 1985.

ŽELJKO HRASKI

THE ANALYSIS OF BODY MASS MOVEMENT AND INERTIA MOMENTS IN VARIOUS FORMS OF OVERGRIP GIANT SWING

overgrip giant swing / body mass / moment of inertia

The analysis of three types of overgrip giant swing has established their differences from the point of view of trajectories, angular velocity and inertia moments of the mass.

The analyzed quantity indicators of the technique can be relatively easily extracted from a film or video tape and used by coaches for a more objective description of performance technique in variation of overgrip giant swing in order to observe possible shortcomings of technique as well as its corrections.

Желько Храски

факультет физической культуры
Загребского университета

АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИИ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ И МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ БОЛЬШОГО ОБОРОТА ХВАТОМ ВВЕРХ

большой оборот хватом вверх / центр тяжести тела, момент инерции /

Проведен анализ трех видов большого оборота и определены их особенности по отношению к траекториям, угловой скорости и моменту инерции центра тяжести.

Рассматриваемые количественные параметры техники выполнения относительно легко выделяются на фильме или видео-плёнке и, таким образом, ими могут пользоваться тренеры с целью объективного описания техники различных видов большого оборота хватом вверх. Следовательно, имеются возможности определения недостатков техники выполнения этого элемента и возможности их исправления.